

明 細 書

3次元超音波画像化装置

技術分野

- [0001] 本発明は、平面配置した多数の圧電振動子で送受信される超音波を用いて検査対象である構造物内の欠陥、ボイド、酸化膜等の異物や接合部の剥がれの状態を3次元(3D)的に可視化する3次元超音波画像化装置に関する。

背景技術

- [0002] マトリックス状に独立して複数形成された圧電振動子から構成される超音波トランスデューサを用いた超音波検査装置が提案されている(例えば特許文献1参照)。
- 従来の超音波検査装置では、複数の異なる音響特性を有した層構造や、表面が曲面形状の検査対象内の欠陥やボイドや剥がれを超音波により可視化することができるものの、超音波による画像化結果を目視で判断することから自動判定が困難であると共に、検査対象との位置関係を把握することが難しかった。
- [0003] このような従来の超音波検査装置では、以下のような問題がある。
- [1]内部検査を行うには人が画像化結果を観察することで行うことから、客観的、定量的な検査が難しい。
 - [2]検査対象内の表面反射波の影響や検査対象内の超音波減衰等により、検査対象の深さの違いにより画像の輝度が変化してしまう。
 - [3]超音波トランスデューサの大きさが限られているために、広い領域を連続的に画像化することができない。
 - [4]検査対象の検査範囲の周囲に凹凸がある場合に、周囲の凹凸部で反射した超音波により検査対象の内部画像の画質が低下することである。
 - [5]検査対象内部の3次元画像化から得られた欠陥位置、形状情報から異常の有無を自動判定することができない。

特許文献1:特開2003-149213号公報

発明の開示

- [0004] 本発明はこのような課題を解決するためになされたもので、超音波による内部検査

の精度を向上し、検査範囲を拡大するとともに、検査の自動判定を可能とする3次元超音波画像化装置を提供することを目的としている。

[0005] 本発明の3次元超音波画像化装置は、複数の圧電振動子から構成される超音波トランスデューサと、前記複数の圧電振動子のうち任意のものから超音波を発生させる振動子選択部と、前記振動子選択部により選択された圧電振動子が発する超音波が音響媒体を介して、検査対象からの反射エコーを受信することにより前記複数の圧電振動子が発生する電気信号を選択的に検出する信号検出回路と、前記信号検出回路により検出された電気信号から開口合成処理により、前記検査対象の内部に設定された3次元画像化領域内のメッシュに対応させて3次元画像化データを生成する信号処理部と、前記信号処理部により生成された3次元画像化データを3次元画像化領域内のメッシュ上の3次元画像化データの値に応じて、各メッシュの輝度または透明度を変化させる機能と、前記3次元画像化データの値を3次元座標位置(X, Y, Z)に応じて設定された値で乗算することにより前記3次元画像化データの不要部画像のマスキングまたは画像輝度補正を行う機能とを有する表示処理部とを具備したことを特徴とする。

[0006] 本発明では、超音波による内部検査の精度を向上し、検査範囲を拡大すると共に、検査の自動判定を可能とする3次元超音波画像化装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本発明に係る一つの実施の形態の3次元超音波画像化装置の全体構成を示す図である。

[図2A]画像化データの3次元画像化結果を示す図である。

[図2B]3D画像化領域の表面反射波による反射強度分布を示す図である。

[図2C]画像化データのX-Y平面画像を示す図である。

[図3A]欠陥部(異常部)の3次元画像化結果を示す図である。

[図3B]欠陥部(異常部)のX-Y平面画像を示す図である。

[図3C]画像化データの特徴を示す図である。

[図4A]欠陥部(異常部)の3次元画像化結果を示す図である。

[図4B]欠陥部(異常部)のX-Y平面画像を示す図である。

[図4C]平面画像から異常判定を行うことを示す図である。

[図5A]欠陥部(異常部)の3次元画像化結果を示す図である。

[図5B]3次元画像化結果から直接異常判定を行うことを示す図である。

[図6]画像結合処理に用いる駆動部を示す図である。

[図7]画像結合処理した結果を表示した表示画面を示す図である。

[図8]マスク部を配置し画質改良する場合の構成例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0008] この実施形態の3次元超音波画像化装置は、検査対象の内部に設定された3次元画像化領域内のメッシュに対応させて3次元画像化データを生成する信号処理部と、この信号処理部により生成された3次元画像化データを3次元画像化領域内のメッシュ上の3次元画像化データの値に応じて、各メッシュの輝度または透明度を変化させる機能と、3次元画像化データの値を3次元座標位置(X, Y, Z)に応じて設定された値で乗算することにより3次元画像化データの不要部画像のマスキングまたは画像輝度補正を行う機能とを有する表示処理部とを備える。

[0009] 表示処理部は、超音波トランスデューサから見て正面の方向と、正面と直行する2つの側面に対して垂直な方向の計3方向から3次元画像化データを透視すると共に、3次元画像化データのうち透視方向に重なった画像化データのうち最も値の大きいデータを平面に投影することで各方向の3枚の平面画像を生成する平面画像生成部を備える。

3次元超音波画像化装置は、平面画像生成部により生成された3枚の平面画像の上に重ねるようにして検査対象形状の輪郭を描画する輪郭描画部をさらに備える。

[0010] 3次元超音波画像化装置は、信号処理部により生成された3次元画像化データを3次元画像化領域内に重ねるようにして検査対象の輪郭や後加工に関する3次元形状を描画する輪郭描画部をさらに備える。

[0011] 3次元超音波画像化装置は、3次元画像化領域内のメッシュに対応した3次元画像化データの値を、事前に設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを出力し、出力した設定値以上のメッシュ数の割合を自動計算し、その値が一定値以上になった場合に異常判定を行う異常判定部をさらに備える。

- [0012] 3次元超音波画像化装置は、上記平面画像生成部で生成された平面画像データの値を、事前に設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを出力し、出力された画像化メッシュの3次元座標と、あらかじめ設定された検査対象の輪郭形状や後加工に関する3次元形状情報を比較することにより、検査対象内の欠陥位置と後加工部の干渉の有無を検出し、その結果を表示する異常判定部を備える。
- [0013] 更に、3次元超音波画像化装置は、上記平面画像生成部で生成された平面画像データから、事前に設定した設定値を超えた画像化メッシュを選定する際に、選定された画像化メッシュの隣接状況から異常部位の面積を自動計算するとともに、自動計算した異常部位の面積が一定値以上有るかどうかを判定し、その結果を表示する異常判定表示部を備える。
- [0014] 3次元超音波画像化装置において、3次元画像化領域内のメッシュに対応した3次元画像化データの値を、事前に設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを出力し、出力されたメッシュの3次元座標と、あらかじめ設定された検査対象の輪郭形状や後加工に関する3次元形状情報を比較することにより、検査対象内の欠陥位置と後加工部との干渉の有無を検出し、その結果を表示する異常判定表示部を備える。
- [0015] 3次元超音波画像化装置は、上記異常判定表示部が、3次元画像データから、設定値以上のメッシュを出力する際に、出力された画像化データの隣接状況から異常部位の体積を自動計算するとともに、前記異常部位の面積が一定値以上有るかどうかを判定し、その結果を表示する手段を備える。
- [0016] 3次元超音波画像化装置は、トランスデューサを機械的に駆動すると共に、その移動位置を検出する機構部と、この機構部によりトランスデューサが移動されるごとに検出された複数の画像化データを結合する画像結合部と、この画像結合部により結合された画像を表示する表示部とを備える。
- [0017] この3次元超音波画像化装置の場合、超音波トランスデューサの複数の圧電振動子のうち任意のものから超音波を発生させる。圧電振動子が発する超音波が固体または液体からなる音響媒体を介して、平面または曲面の境界を持つ単数または複数の異なる音響特性を有した層からなる検査対象からの反射エコーを受信することによ

り信号検出回路は複数の圧電振動子が発生する電気信号を選択的に検出する。

そして、この信号検出回路により検出された電気信号から信号処理部が開口合成処理を行うことによって検査対象の内部に設定された3次元画像化領域内のメッシュに対応させて3次元画像化データを生成し表示処理部に出力する。

表示処理部は、信号処理部により生成された3次元画像化データを3次元画像化領域内のメッシュ上の3次元画像化データの値に応じて、各メッシュの輝度または透明度を変化させる。

また、表示処理部は、3次元画像化データの値を3次元座標位置(X, Y, Z)に応じて設定された値で乗算することにより3次元画像化データの不要部画像のマスキングまたは画像輝度補正を行う。

[0018] このように超音波トランスデューサを有する3次元超音波画像化装置で合成された3次元画像化データや表示画像を処理したり、超音波トランスデューサを移動させながら得られた複数の画像化データを超音波トランスデューサの位置に応じて結合することにより、検査対象の欠陥箇所をより定量的でかつ直感で判断できる画像化を行うことができる。また、検査対象の検査範囲以外の領域をマスクして画像化することで画質を向上することができる。

[0019] 3次元超音波画像化装置で生成された3次元画像化データや平面画像生成部で生成された平面画像データのうち設定値を超えた画像化メッシュの3次元座標を検査対象の輪郭形状や後加工の3次元形状情報と比較することにより欠陥個所が後加工部と干渉するかを判定するとともに、画像化メッシュの隣接の有無から異常部面積を自動計算することにより、検査の自動判定を行うことができる。

[0020] また、超音波トランスデューサの位置を検出しながら移動させることが可能な機構部を設けたことで得られた複数の画像化データを超音波トランスデューサの位置に応じて結合することにより、広い領域を画像化することができる。

さらに、検査対象表面の検査範囲を開口部としたマスク部を検査対象の表面に設置することにより、検査範囲周囲の凹凸部で反射した超音波による内部画像の画質が低下を防止することができる。

[0021] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

図1は本発明に係る一つの実施の形態の3次元超音波画像化装置の構成を示す図である。

[0022] 図1に示すように、この3次元超音波画像化装置は、信号発生部1、駆動素子選択部2、超音波トランスデューサとしてのマトリックスセンサ9、信号検出回路4、増幅器5a、5b〜5i、A/D変換器6a、6b〜6iおよび並列プロセッサ7からなる統合プロセッサである信号処理部8、表示処理装置10などを有している。マトリックスセンサ9の前面には、音響伝播媒体16が密着されている。マトリックスセンサ9は、検査対象(超音波の照射対象)17の中の欠陥14から反射される超音波Uを音響伝播媒体16、カップラント18を介して受信する。なお、音響伝播媒体16が例えば水等のように液体の場合は、カップラント18は不要である。

[0023] マトリックスセンサ9は、圧電素子からなる複数の圧電振動子21a、22a、23a〜29a、30a、30b〜30hをマトリックス状に配置したものであり、そのそれぞれの圧電振動子21a等は、駆動素子選択部2の選択により駆動されるものが決定されて信号発生部1からの駆動信号が導線で導かれる。また、それぞれの圧電振動子21a等が発生する電気信号は導線で信号検出回路4に導かれる。圧電振動子21a等が電気駆動されると圧電体としての性質から超音波が発生し、発生された超音波は、音響伝播媒体16を介して検査対象17内の欠陥14に達する。欠陥14による超音波エコーUは再び音響伝播媒体16を介して圧電振動子21a等に入力し、これによりそれぞれの圧電振動子21a等は電気信号を発生する。

[0024] 信号発生部1は、圧電振動子21a等が超音波を発生すべくパルス状または連続の駆動信号を発生するものである。発生された駆動信号は、振動子選択部としての駆動素子選択部2に入力される。駆動素子選択部2は、駆動すべき一つまたは複数の圧電振動子21a等を選択して信号発生部1から導かれた駆動信号を該当圧電振動子21a等に入力して該当圧電振動子21aから超音波Uを発生させるものである。

[0025] 信号検出回路4は、複数の圧電振動子21a等に接続されており、圧電振動子21aに発生する電気信号を検出するものである。検出された電気信号のうち検査に必要な複数のものは、それぞれ信号処理部8内の増幅器5a、5b〜5iに導かれる。

信号検出回路4は、圧電振動子21a等が発する超音波が例えば固体または液体か

らなる音響伝播媒体16を介して、平面または曲面の境界を持つ単数または複数の異なる音響特性を有した層からなる検査対象からの反射エコーを受信することにより複数の圧電振動子21a等が発生する電気信号を選択的に検出する。

増幅回路5a、5b〜5iは、導かれた電気信号を増幅し、これをA/D変換器6a、6b〜6iに供給するものであるA/D変換器6a、6b〜6iは、導かれた電気信号をA/D変換し、これを信号処理部8内の並列プロセッサ7に導くものである。

[0026] 信号処理部8の並列プロセッサ7は、A/D変換器6a、6b〜6iから導かれたデジタル信号を処理し検査対象の状態を可視化する画像化データIを生成するものである。信号検出回路4により検出された電気信号から開口合成処理により、検査対象の内部に設定された3次元画像化領域内のメッシュに対応させて3次元画像化データを生成する。並列プロセッサ7により生成された画像化データIは、表示処理装置10に出力されて可視化表示処理が行われた後、表示部35に表示される。

[0027] 表示処理装置10は、平面画像生成部31、異常判定部32、輪郭描画部33、画像結合部34、表示部35等を有している。

平面画像生成部31は、超音波トランスデューサから見て正面(X-Y平面)の方向と、正面と直行する2つの側面(Y-Z平面)、(Z-X平面)に対して垂直な方向の合計3つの方向から3次元画像化データIを透視すると共に、それぞれの方向の3次元画像化データIのうち透視方向に重なった画像化データのうち最も値の大きいデータを平面に投影することで各方向の3枚の平面画像を生成する。

[0028] 異常判定部32は、3次元画像化領域40内のメッシュに対応した3次元画像化データIの値を、メモリ等に予め設定された判定用の閾値T(図3参照)と比較して閾値T以上のメッシュを出力し、出力した閾値T以上のメッシュ数が3D画像化領域40中に占める割合を自動計算するとともに、自動計算したその値が一定値以上になった場合に異常判定を行う。

輪郭描画部33は、平面画像生成部31により生成された3枚の平面画像の上に重ねるようにして検査対象形状の輪郭を描画する。

[0029] 画像結合部34は、機構部としての駆動部73(図6参照)によりマトリックスセンサ9と検査対象の相対位置が変更されるごとに検出された複数の画像化データを結合す

る。

なお、上記異常判定部32は、上記平面生成部31で形成された平面画像や上記画像結合部34により生成された結合画像に対してメモリ等に予め設定された判定用の閾値T(図3参照)と比較して閾値T以上のメッシュを出力し、出力した閾値T以上のメッシュ数の割合を自動計算し、その値が一定値以上になった場合に異常判定を行う。

[0030] 表示部35は、各部より入力される画像化データおよび／または判定結果を表示するものであり、例えば画像結合部34から入力された画像化データおよび／または異常判定部32により判定された判定結果を表示する。表示部35と異常判定部32とを異常判定表示部と称す。

[0031] すなわち、表示処理装置10は、信号処理部8により生成された3次元画像化データIを3次元画像化領域内のメッシュ上の3次元画像化データの値に応じて、各メッシュの輝度または透明度を変化させる機能を有している。また、表示処理装置10は、信号処理部8により生成された3次元画像化データIの値を3次元座標位置(X, Y, Z)に応じて設定された値で乗算することにより3次元画像化データの不要部画像のマスキングまたは画像輝度補正を行う機能を有している。

[0032] 図2A、図2Bを参照して信号処理部8から出力された上記3次元画像化データIを表示処理装置10が表示する処理内容について説明する。図2Aは検査対象17を3D画像化した結果を示す図、図2Bは図2Aの3D画像化領域40の表面反射波による反射強度分布Rを示す図である。

3次元画像化データIは、図2Aに示すように、3D画像化領域40中に立体配置された画像化セル(i)41、画像化セル(i+1)42、画像化セル(i+2)43、画像化セル(i+3)44、画像化セル(i+4)45…に対応させて格納された超音波の反射強度を表す画像化データ(i)51、画像化データ(i+1)52、画像化データ(i+2)53、画像化データ(i+3)54、画像化データ(i+4)55…等の集合体を示している。

[0033] 一方、超音波Uは、図2Bに示すように、検査対象17内の表面S(深さZ=0)で反射されるため、3D画像化領域40中での反射強度は、表面反射波による反射強度分布Rは、表面近傍が明るくなり内部画像が遮られる。このため、校正曲線Cに示す値

を深さZに応じて画像化データ(i) 51、画像化データ(i+1) 52、画像化データ1(i+2) 53、画像化データ(i+3) 54、画像化データ(i+4) 55…というように積算して表面位置S近傍の反射強度を低減(透明化)することにより、表面近傍の画像輝度と深部の輝度を均一化することができる。なお、符号Gはゲインを示す。

[0034] ここで、図2を参照してこの3次元超音波画像化装置にて可視化情報を表示する上で、3D画像化領域40をX、Y、Z方向に透視する画像化方法について説明する。

平面画像生成部31は、図2Aに示したように、Z方向に一系列に並んだ画像化データ(i) 51、画像化データ(i+1) 52、画像化データ(i+2) 53、画像化データ(i+3) 54、画像化データ(i+4) 55…のうち、例えば図2Cに示すように、平面画像X-Y60中の最大反射強度のもの、つまり画像化データ(imax) 57を選択して輪郭描画部33と表示部35へそれぞれ出力する。

なお、この例では、Z方向からの透視画像である平面画像X-Y60について説明したが、この他、平面画像生成部31は、X、Y方向の透過画像についても、Z方向からの透視画像の場合と同様の方法で最大反射強度のものを選択して表示部35へ出力する。

[0035] 図3は表示処理装置10において、入力された3次元画像化データIから異常部位59を自動的に判定する処理を説明するための図である。なお、図中、3D画像化領域40中の画像化データIは、超音波の反射強度を表している。

[0036] 表示処理装置10に3次元画像化データIが入力されると、平面画像生成部31は、図2の場合と同様に、図3Aに示すように、Z方向に一系列に並んだ画像化データ(i) 51、画像化データ(i+1) 52、画像化データ(i+2) 53、画像化データ(i+3) 54、画像化データ(i+4) 55…のうち、図3Bに示すように、平面画像X-Y60中の最大反射強度のもの、つまり画像化データ(imax) 57を選択して輪郭描画部33と異常判定部32へそれぞれ出力する。なお、X、Y方向の透過画像についても平面画像生成部31は、Z方向からの透視画像の場合と同様の方法で最大反射強度のものを選択して出力する。

[0037] 異常判定部32は、異常部位59を判定するために、予めメモリ等に設定された判定用の閾値Tから、判定値A以上の反射強度を有する画像化データIを選択(抽出)し

て表示部35に出力して表示すると共に、選択した画像化データの数のカウント結果から、3D画像化領域40中における異常部位59の占有率を計算することにより、検査対象17の品質の良否を判定する。

[0038] なお、上記異常判定部32は、上記平面生成部31で形成された平面画像や上記画像結合部34により生成された結合画像に対してメモリ等に予め設定された判定用の閾値T(図3C参照)と比較して閾値T以上のメッシュを出力し、出力した閾値T以上のメッシュ数が3D画像化領域40中に占める割合を自動計算し、その値が一定値以上になった場合に異常判定を行う。図中、符号Tは閾値を示し、符号Zは深さを示し、符号Aは判定値を示す。

[0039] 輪郭描画部33は、平面画像生成部31より入力された平面画像X-Y60上に、検査対象17の表面形状61、つまり輪郭を描画する。これにより、検査対象17内の欠陥画像58との相対位置を判断しやすくなる。

[0040] 図4を参照してこの3次元超音波画像化装置の平面画像生成部31で生成された平面画像化結果から、異常判定部32が異常判定を行う異常判定自動化方法について説明する。

平面画像生成部31において、図4Bに示す、Z方向からの透視像である上記平面画像X-Y60中の異常部位59中の3次元画像化データ(imax)57は、図4Aの、3D画像化領域40中のZ方向に配列された画像化データ(i)、画像化データ(i+1)、画像化データ(i+2)、画像化データ(i+3)……の中の最大反射強度を有した画像化データ(i+3)が抽出されたものであることから、この画像化データ(i+3)が異常判定部32に入力されることで、異常判定部32は、画像化データ(i+3)の3次元座標を確定する。異常判定部32は、上記平面画像X-Y60中の異常部位59の他の画像化データも上記と同様にして3次元座標を確定する。同様な処理は、X、Y方向の透過画像についても行う。

[0041] そして、異常判定部32は、3次元画像化領域40に対応するようにメモリに設定された、図4Cに示すような後加工3次元形状情報101や輪郭形状3次元形状情報102と、上記平面画像X-Y60中の異常部位59の3次元座標とを比較することにより、後加工部と干渉する干渉部105を3次元的に判定する。

[0042] 更に、異常判定部32は、判定の際に、確定された異常部位59の全画像化データの3次元座標の隣接状況から判別、つまり異常部位59の画像化データが後加工3次元形状情報101や輪郭形状3次元形状情報102と隣接しているか否かで判別することにより、異常部位の面積を自動計算するとともに、自動計算した異常部位の面積が一定値以上有るかどうかを判定し、この判定結果により無視できない欠陥であるか、そうでないかを判定する。

異常判定部32は、上記判定結果を表示部35に出力し、表示部35は、入力された判定結果を表示する。

[0043] また、図5Aに示すように、異常判定部32は、3次元超音波画像化装置の3次元画像化結果から、直接、図4Bに示したZ方向(X、Y方向も同様)の最大反射強度を選択し、3次元画像化領域40に対応するようにメモリに設定しておいた、図5Bに示すような後加工3次元形状情報101や輪郭形状3次元形状情報102と、上記平面画像X-Y60中の異常部位59の3次元座標とを比較することにより、後加工部と異常部位59との干渉部105を3次元的に判定する。

[0044] 更に、異常判定部32は、判定の際には、確定された異常部位59の全画像化データの3次元座標の隣接状況を判別することにより、異常部位の面積を自動計算するとともに、自動計算した異常部位の面積が一定値異常有るか否かを判定し、この判定結果により無視できない欠陥であるか、そうでないかを判定する。異常判定部32は、これらの判定結果を表示部35に出力し、表示部35は、入力された判定結果を表示する。

[0045] 図6はマトリックスセンサ9の検知領域よりも広い(マトリックスセンサ9よりも大きい)検査対象81の内部画像化を行う際の画像結合処理を説明するための図である。ここでは、一例として中実の円筒形状の検査対象81を検査する場合について説明する。駆動部73は、検査対象81を機械的に駆動(または、マトリックスセンサ9を機械的に駆動してもよい)するものであり、その移動位置を検出するセンサを有している。この場合、駆動部73は、検査対象81(またはマトリックスセンサ9)を矢印の方向に回転駆動する。

[0046] 一方、表示処理装置10の画像結合部34は、駆動部73により検査対象81とマトリッ

クスセンサ9の相対位置が変更されるごとにセンサによって検出された複数の画像化データを結合して画像データを再配置して出力する。

検査対象81を駆動部73にて例えば90° づつ4回、回転させて、得られた画像データを画像結合部34で結合して再配置して表示部35へ出力することで、図7に示すように、表示画面80上に、検査対象71全体の画像化結果を一括表示することができ、複数画面にまたがる欠陥画像79から、検査対象71内にある欠陥72位置を把握しやすい表示画面80が得られる。なお、図中で、各画像(1)75、画像(2)76、画像(3)77、画像(4)78は、角度90度、180度、270度、360度に対応して表示される。

[0047] なお、上記異常判定部32は、上記画像結合部34により生成された結合画像に対してメモリ等に予め設定された判定用の閾値T(図3参照)と比較して閾値T以上のメッシュを出力し、出力した閾値T以上のメッシュ数の割合を自動計算し、その値が一定値以上になった場合に異常判定を行うことも可能である。

[0048] 図8は検査範囲82が周囲に比べて飛び出ている形状の検査対象91を検査する場合に検査対象91にマスク部94を被せて内部画像化を行う際の説明図である。図中、超音波経路U1は、マスク部94が無い場合の画像化を示しており、その際の描画画像U1(送信圧電振動子21aと送信圧電振動子22aから等距離の曲面で回転楕円体となる)が検査対象91内部にかかってしまう。

そこで、この場合、検査範囲82に対応した開口部を有するマスク部81を検査対象91に被せて検査対象91の表面を部分的に覆う。

このようなマスク部94で検査対象91の表面を覆った場合の超音波経路U2による描画画像U2は、検査対象91の内部にかからないことから、検査対象91の内部を画像化する際の周囲の凹凸部の影響で超音波が反射して検査対象の内部画像の画質が低下するという不具合を無くすることができる。

[0049] このようにこの実施の形態の3次元超音波画像化装置によれば、マトリックス状に独立して複数形成された圧電振動子から構成されるマトリックスセンサ9による超音波送受信で得られた検査対象内部からの無数の反射エコーから合成された3次元画像化データの値に応じた輝度表示や画像化データの値を直接判定することにより検査を定量的に行うことができる。

[0050] また、3次元画像化領域の深さに応じて、画像化データ値を増幅することにより、検査対象の表面反射波の影響補正や検査対象内の超音波の減衰補正も可能となる。さらに、マトリックスセンサ9の位置を検出しながら移動させることが可能な駆動部73を付設し、複数の画像化データをマトリックスセンサ9の位置に応じて結合することにより、広い領域を画像化することができる。

[0051] また、検査対象表面の検査範囲を開口部としたマスク部94を検査対象の表面に被せるように設置することで、検査範囲周囲の凹凸部で反射した超音波による内部画像の画質が低下することを防止できる。

また、3次元画像化領域の深さに応じて、画像化データの値を増幅することにより、検査対象の表面反射波の影響補正や検査対象内の超音波の減衰補正を行うことができる。

[0052] さらに、平面画像生成部31で生成された平面画像領域内のメッシュに対応した3次元画像化データの値を、事前にメモリに設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを求め、求めた画像化メッシュの3次元座標と、あらかじめメモリに設定しておいた検査対象の輪郭形状や後加工に関する3次元形状情報とを比較することにより、検査対象内の欠陥位置と後加工部との干渉の有無を検出し、その結果を表示する異常判定部32および表示部35を設けたので、検査の自動判定が可能になる。

この結果、超音波による内部検査の精度を向上し、検査範囲を拡大するとともに、検査の自動判定を可能とする3次元超音波画像化装置を提供することができる。

[0053] なお、本発明は上記実施の形態のみに限定されるものではない。

上記実施形態では、3次元画像化装置の中に信号処理部8、表示処理装置10を備える構成にしたが、それぞれ独立したコンピュータで実現してもよい。

コンピュータは、記憶媒体に記憶されたプログラムに基づき、本実施形態における各処理を実行するものであって、パソコンなどの一つからなる装置、複数の装置がネットワーク接続されたシステムなどのいずれの構成であっても良い。また、コンピュータとは、パーソナルコンピュータ(パソコン)に限らず、通信機器、情報処理機器に含まれる演算処理装置、マイコンなども含み、プログラムによって本発明の機能を実現することが可能な機器、装置を総称している。

上記実施形態における表示処理装置10の内部構成は、ソフトウェアで実現できる。ソフトウェアは、フレキシブルディスクなどのコンピュータが読み出し可能な記憶媒体に記憶されていても良く、また、ソフトウェア(プログラム)単体としてLANやインターネットなどのネットワーク上を伝送されるものでもよい。この場合、記憶媒体に記憶されたソフトウェア(プログラム)をコンピュータが読み出したり、LANやインターネット上のサイト(サーバ)からコンピュータがダウンロードして、ハードディスクにインストールすることにより、コンピュータにおける処理が可能になる。つまり、本発明におけるソフトウェア(プログラム)は、コンピュータと独立した記憶媒体に記憶されているものだけに限らず、LANやインターネットなどの伝送媒体を介して流通されるものも含まれる。

[0054] なお、プログラムは、メモリ、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク(CD-ROM、CD-R、DVDなど)、光磁気ディスク(MOなど)、半導体メモリなどの記憶媒体に、コンピュータが読み取り可能に記憶されているものであれば、その言語形式、記憶形式はいずれの形態であっても良い。

また、記憶媒体からコンピュータにインストールされたプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS(オペレーティングシステム)や、データベース管理ソフト、ネットワークソフトなどのMW(ミドルウェア)などが本実施形態を実現するための各処理の一部を実行しても良い。さらに、記憶媒体は、コンピュータと独立した媒体に限らず、LANやインターネットなどにより伝送されたプログラムをダウンロードして記憶または一時記憶した記憶媒体も含まれる。また、記憶媒体は一つに限らず、複数の媒体から本実施形態における処理が実行される場合も本発明における記録媒体に含まれ、媒体構成はいずれの構成であっても良い。

産業上の利用可能性

[0055] 本発明は、超音波により検査対象の内部検査を行う業務に適用できる。

請求の範囲

- [1] 複数の圧電振動子から構成される超音波トランスデューサと、
前記複数の圧電振動子のうち任意のものから超音波を発生させる振動子選択部と、
、
前記振動子選択部により選択された圧電振動子が発する超音波が音響媒体を介して検査対象からの反射エコーを受信することにより前記複数の圧電振動子が発生する電気信号を選択的に検出する信号検出回路と、
前記信号検出回路により検出された電気信号から開口合成処理により、前記検査対象の内部に設定された3次元画像化領域内のメッシュに対応させて3次元画像化データを生成する信号処理部と、
前記信号処理部により生成された3次元画像化データを3次元画像化領域内のメッシュ上の3次元画像化データの値に応じて、各メッシュの輝度または透明度を変化させる機能と、前記3次元画像化データの値を3次元座標位置(X, Y, Z)に応じて設定された値で乗算することにより前記3次元画像化データの不要部画像のマスキングまたは画像輝度補正を行う機能とを有する表示処理部と
を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [2] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記表示処理部は、
前記3次元画像化データを互いに直行する3方向から透視すると共に、前記3次元画像化データのうち透視方向に重なった画像化データのうち最も値の大きいデータを平面に投影することで前記3方向の各方向の3枚の平面画像を生成する平面画像生成部を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [3] 請求項2記載の3次元超音波画像化装置において、
前記平面画像生成部で生成された前記平面画像領域内のメッシュに対応した3次元画像化データの値を、事前に設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを求め、求めた画像化メッシュの3次元座標と、あらかじめ設定された前記検査対象の輪郭形状や後加工に関する3次元形状情報を比較することにより、前記検査対象内の欠陥位置と後加工部との干渉の有無を検出し、その結果を表示する異常判定表

示部を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。

- [4] 請求項3記載の3次元超音波画像化装置において、
前記平面画像生成部において、事前に設定した設定値を超えた画像化メッシュを選定する際に、選定された画像化メッシュの隣接状況から異常部位の面積を自動計算するとともに、自動計算した異常部位の面積が一定値以上有るかどうかを判定し、その結果を表示する異常判定表示部を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [5] 請求項2記載の3次元超音波画像化装置において、
前記平面画像生成部により生成された3枚の平面画像の上に検査対象形状の輪郭を重ねて描画する輪郭描画部をさらに具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [6] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記信号処理部により生成された3次元画像化データを3次元画像化領域内に重ねるようにして検査対象の輪郭や後加工に関する3次元形状を描画する輪郭描画部をさらに具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [7] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
3次元画像化領域内のメッシュに対応した3次元画像化データの値を、事前に設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを出力し、出力した設定値以上のメッシュ数の割合を自動計算し、その値が一定値以上になった場合に異常判定を行う異常判定部をさらに具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [8] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
3次元画像化領域内のメッシュに対応した3次元画像化データの値を、事前に設定した設定値と比較して設定値以上のメッシュを出力し、出力されたメッシュの3次元座標と、あらかじめ設定された前記検査対象の輪郭形状や後加工に関する3次元形状情報とを比較することにより、前記検査対象内の欠陥位置と後加工部との干渉の有無を検出し、その結果を表示する異常判定表示部を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [9] 請求項8記載の3次元超音波画像化装置において、

前記異常判定表示部が、3次元画像データから、設定値以上のメッシュを出力する際に、出力された画像化データの隣接状況から異常部位の体積を自動計算するとともに、前記異常部位の面積が一定値以上有るかどうかを判定し、その結果を表示する手段を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。

- [10] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記トランスデューサを機械的に駆動すると共に、その移動位置を検出する機構部と、

前記機構部により前記トランスデューサが移動されるごとに検出された複数の画像化データを結合する画像結合部と、

前記画像結合部により結合された画像を表示する表示部と
を具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。

- [11] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
検査範囲に対応した開口部を有し、前記開口部を前記検査対象の検査範囲に合わせて前記検査対象の表面を覆うマスク部をさらに具備したことを特徴とする3次元超音波画像化装置。

- [12] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記超音波トランスデューサは、
前記複数の圧電振動子をマトリクス状に配置してなることを特徴とする3次元超音波画像化装置。

- [13] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記超音波トランスデューサは、
前記複数の圧電振動子を一行に配置してなることを特徴とする3次元超音波画像化装置。

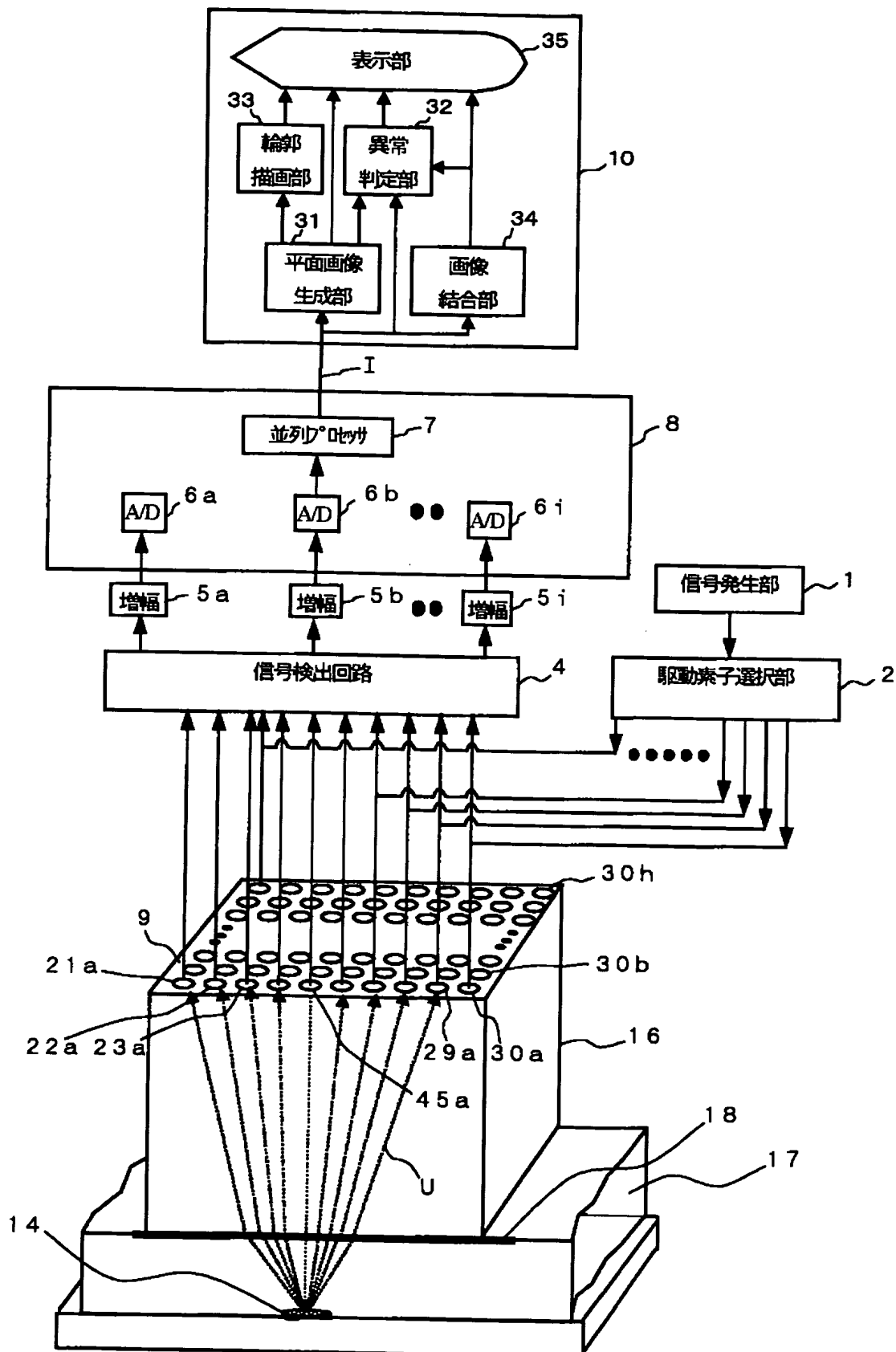
- [14] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記音響媒体は、固体であることを特徴とする3次元超音波画像化装置。

- [15] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記音響媒体は、液体であることを特徴とする3次元超音波画像化装置。

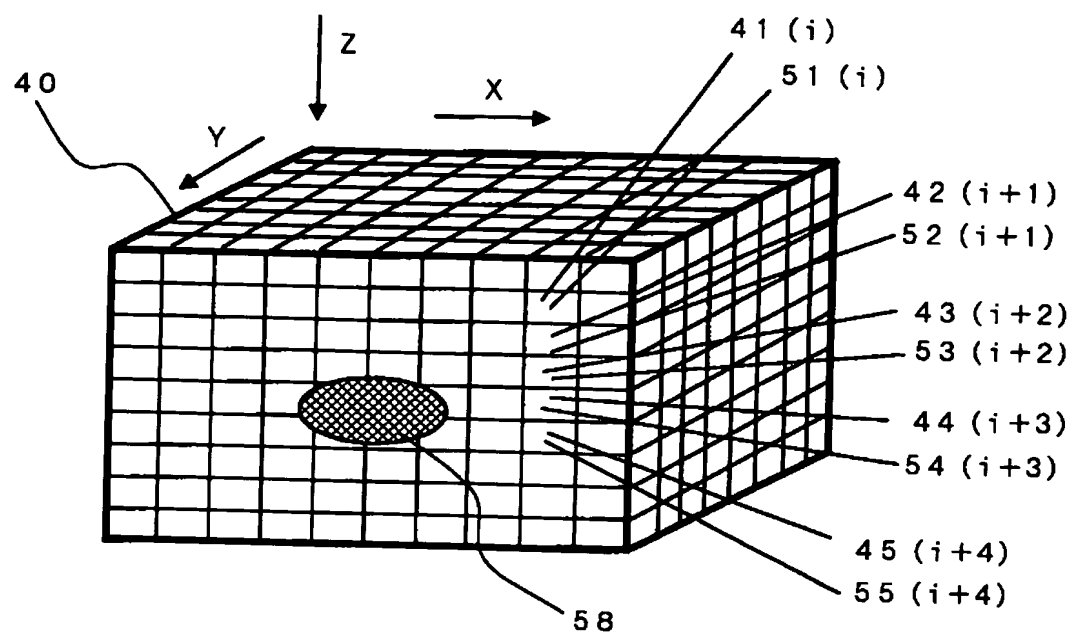
- [16] 請求項1記載の3次元超音波画像化装置において、

- 前記検査対象が平面の境界を持つことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [17] 講求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記検査対象が曲面の境界を持つことを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [18] 講求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記検査対象は、単数の音響特性を有した層からなることを特徴とする3次元超音波画像化装置。
- [19] 講求項1記載の3次元超音波画像化装置において、
前記検査対象は、複数の異なる音響特性を有した層からなることを特徴とする3次元超音波画像化装置。

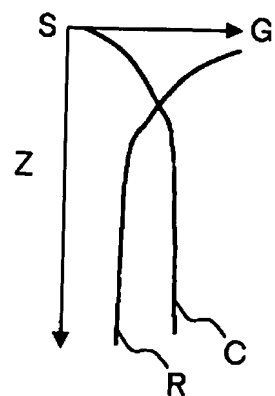
[図1]



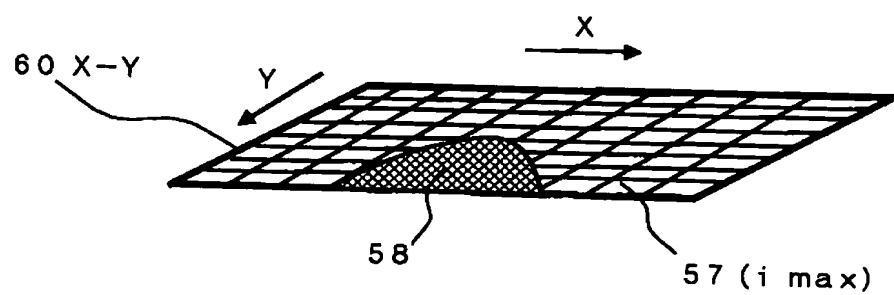
[図2A]



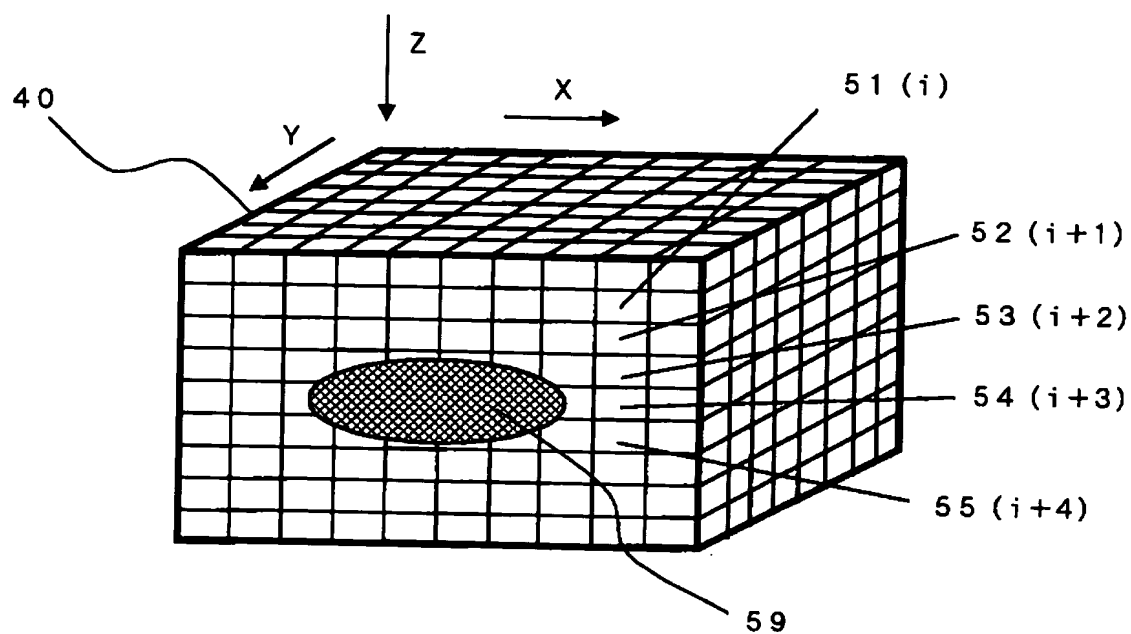
[図2B]



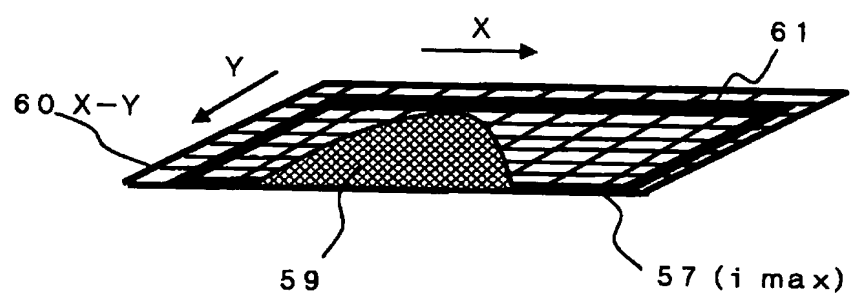
[図2C]



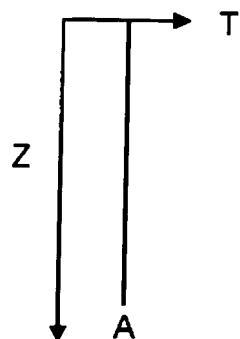
[図3A]



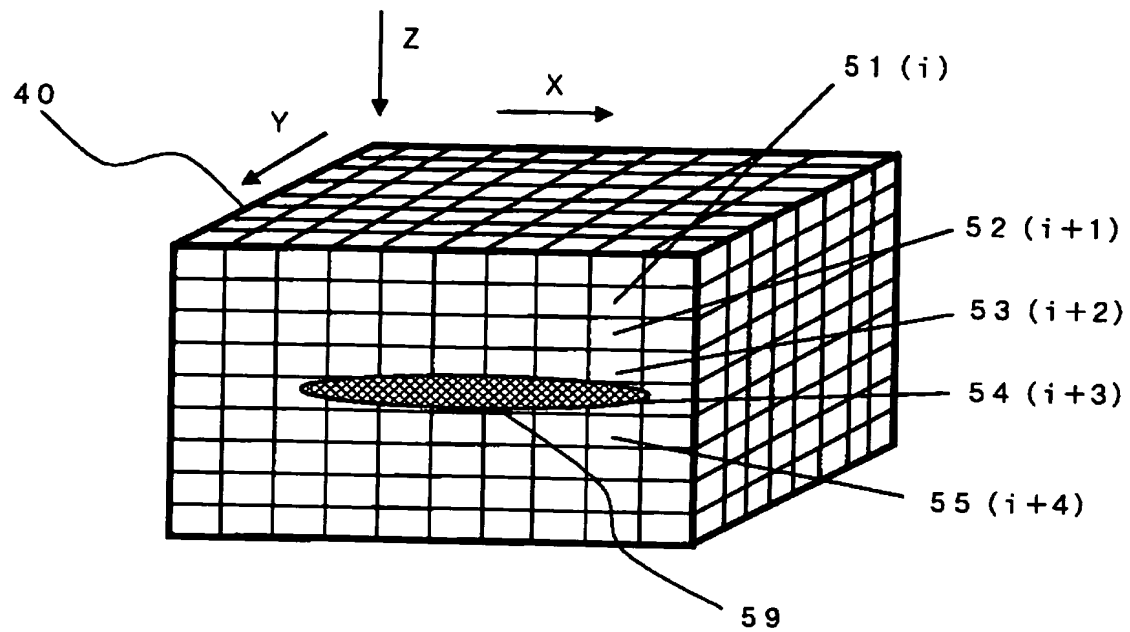
[図3B]



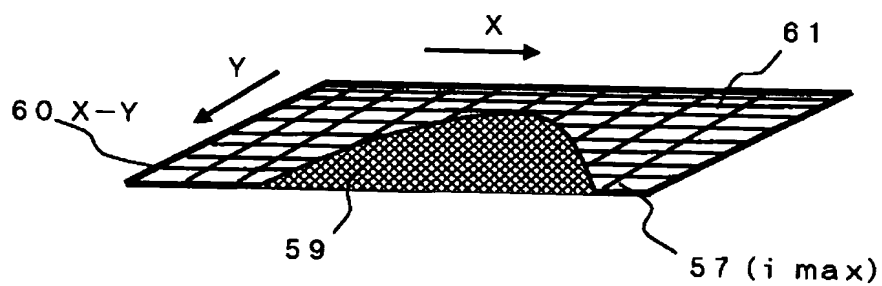
[図3C]



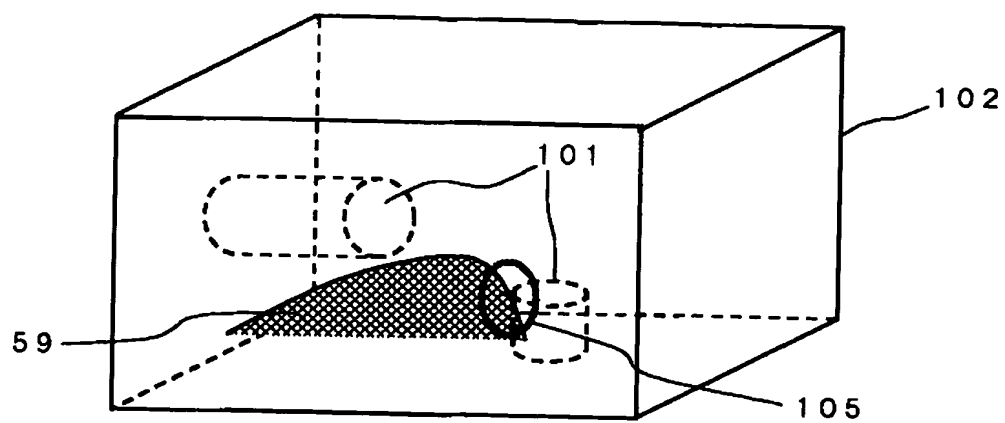
[図4A]



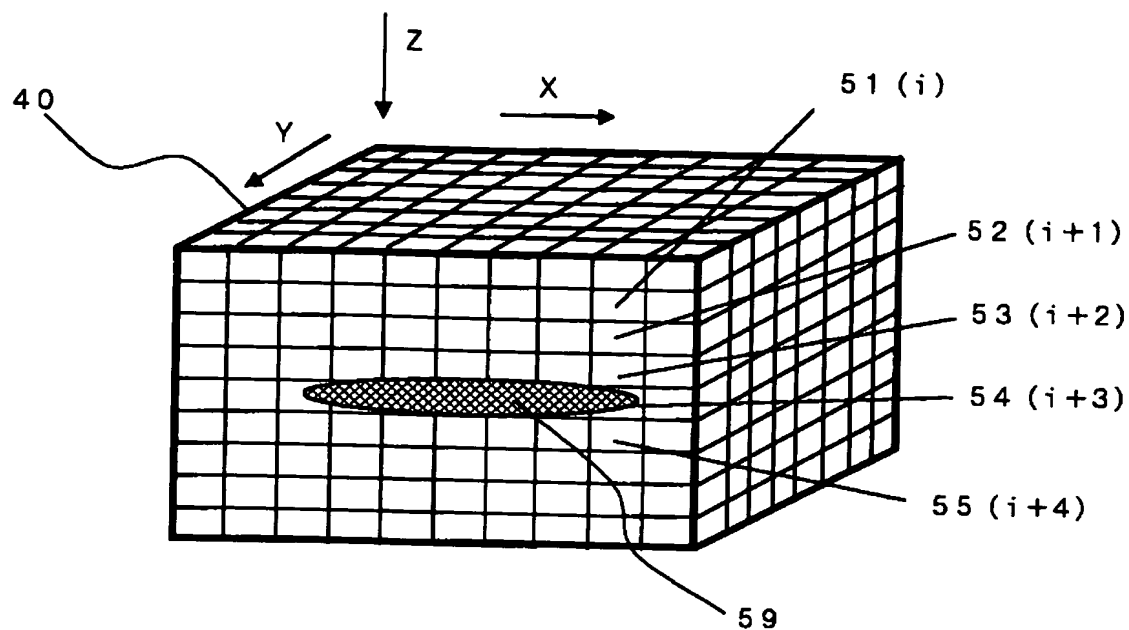
[図4B]



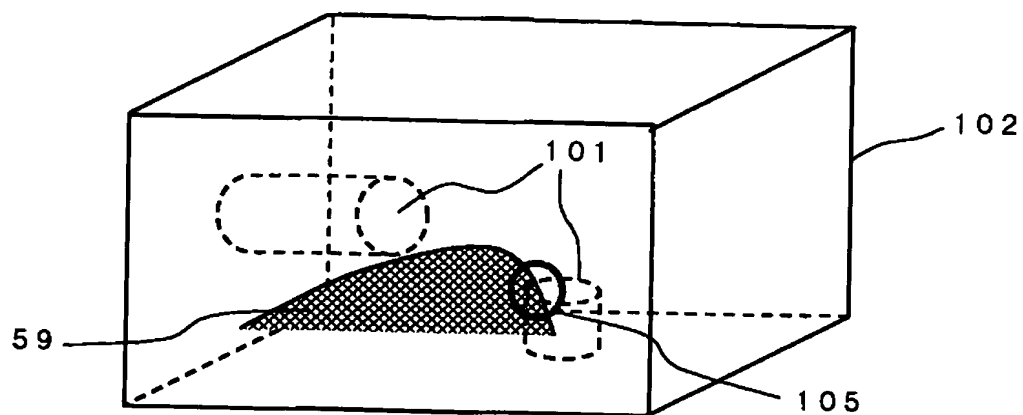
[図4C]



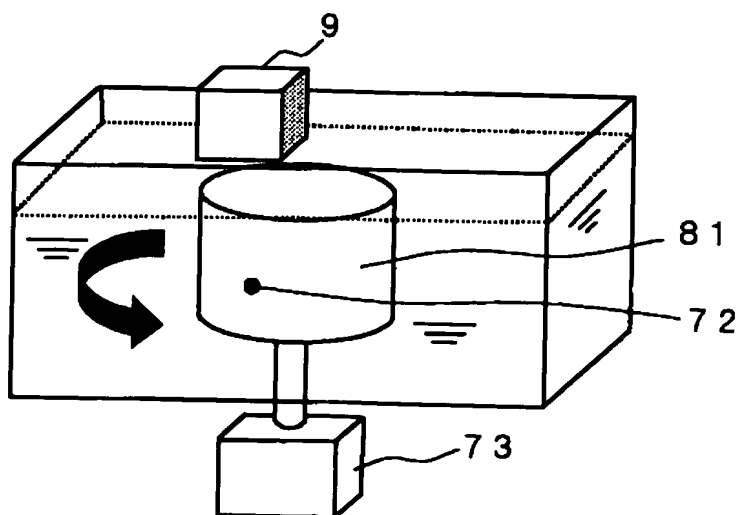
[図5A]



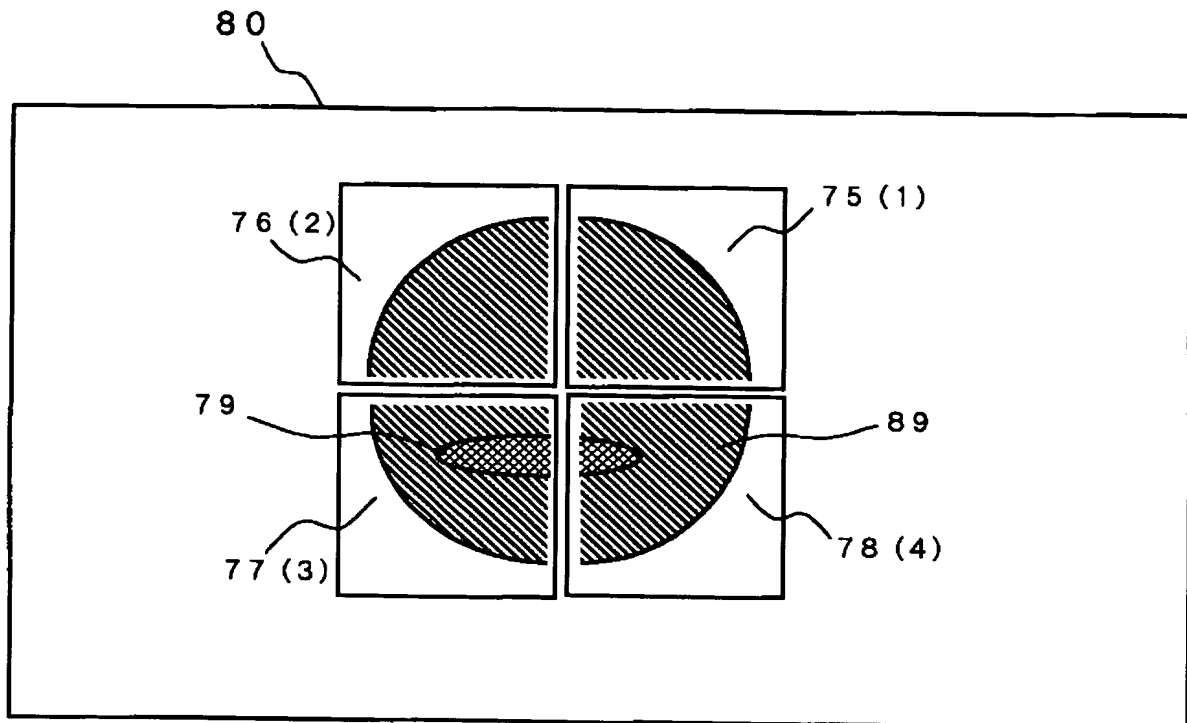
[図5B]



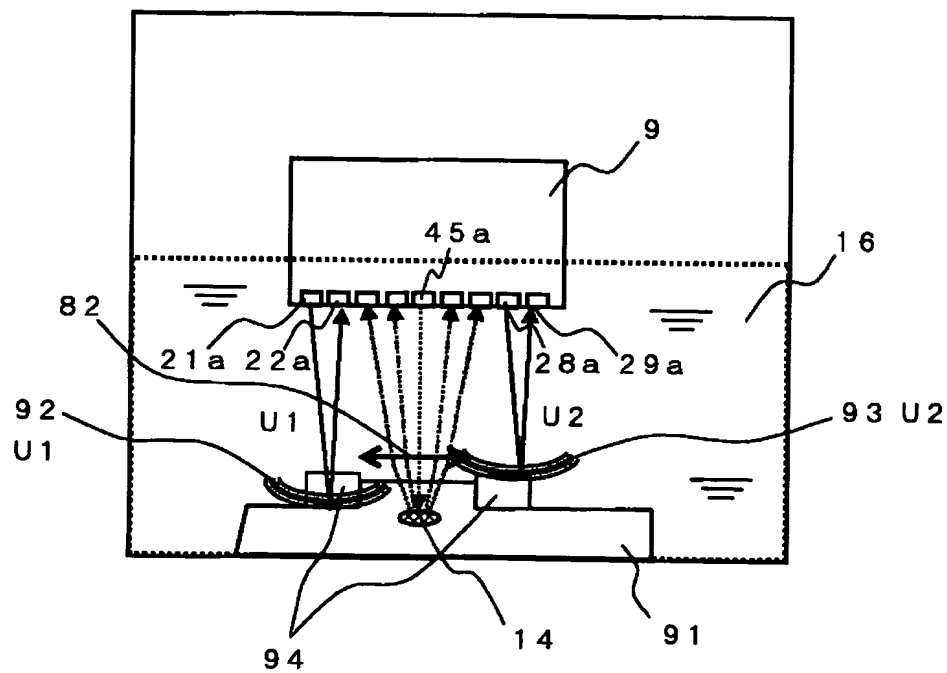
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008445

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01N29/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01N29/00-29/28, A61B8/00-8/15, G01S15/00-15/96,
G01B17/00-17/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 03/042686 A1 (Toshiba Corp.), 22 May, 2003 (22.05.03), Full text; Figs. 1 to 12 & JP 2003-149213 A & US 2004/0024320 A1	1, 6-10, 12-19 2-5, 11
Y A	Satoshi NAGAI et al., "Ekitai Kinzoku Reikyaku Genshiryoku Plant no Ronai Mokushika no Kaihatsu", The Thermal and nuclear power, 15 August, 1996 (15.08.96), Vol.47, No.8, pages 846 to 852	1, 6-10, 12-19 2-5, 11
Y	JP 2002-48867 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 February, 2002 (15.02.02), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1, 6-10, 12-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September, 2004 (08.09.04)

Date of mailing of the international search report
21 September, 2004 (21.09.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008445

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-102258 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 15 April, 1994 (15.04.94), Full text; Figs. 1 to 7 & WO 92/018862 A1 & US 5475613 A	6, 8, 9
Y	JP 6-294779 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 21 October, 1994 (21.10.94), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	6, 8, 9
Y	JP 11-118775 A (Canon Inc.), 30 April, 1999 (30.04.99), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	7, 9
Y	JP 10-62396 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 06 March, 1998 (06.03.98), Full text; Figs. 1 to 21 (Family: none)	13
A	JP 11-164833 A (Toshiba Corp.), 22 June, 1999 (22.06.99), Par. No. [0030]; Fig. 7 & US 6283918 B1 column 6, line 53 to column 7, line 3; Figs. 9A to 9E	2-5

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2004/008445

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N29/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N29/00-29/28, A61B8/00-8/15,
G01S15/00-15/96, G01B17/00-17/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	WO 03/042686 A1 (株式会社東芝) 2003.05.22, 全文, 第1-12図 & JP 2003-149213 A & US 2004/0024320 A1	1,6-10, 12-19 2-5, 11
Y A	長井敏他, 液体金属冷却原子力プラントの炉内目視化技術の開発, 火力原子力発電, 1996.08.15, 第47巻, 第8号, p. 846-852	1,6-10, 12-19 2-5, 11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.09.2004

国際調査報告の発送日

21.9.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 俊光

2W

9115

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-48867 A (三菱重工業株式会社) 2002.02.15, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1, 6-10, 12-19
Y	JP 6-102258 A (川崎重工業株式会社) 1994.04.15, 全文, 第1-7図 & WO 92/018862 A1 & US 5475613 A	6, 8, 9
Y	JP 6-294779 A (日立建機株式会社) 1994.10.21, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	6, 8, 9
Y	JP 11-118775 A (キヤノン株式会社) 1999.04.30, 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	7, 9
Y	JP 10-62396 A (古野電気株式会社) 1998.03.06, 全文, 第1-21図 (ファミリーなし)	13
A	JP 11-164833 A (株式会社東芝) 1999.06.22, 段落番号【0030】, 第7図 & US 6283918 B1, 第6欄第53行-第7欄第3行, 第9A-9E図	2-5